Über den Mangel einer durch innere Bedingungen bewirkten Ruheperiode bei den Samen der Mistel *(Viscum album* L.)

Von

E. Heinricher

k. M. K. Akad.

(Mit 1 Tafel)

Aus dem Botanischen Institut der Universität Innsbruck

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Jänner 1916)

Die Frage, ob Ruheperioden aus inneren Gründen bei Pflanzen herrschen, oder ob solche Perioden wesentlich durch Faktoren der Außenwelt erzwungen sind und nur infolge mangelnder Erkenntnis der nötigen Außenbedingungen uns innere Gründe vortäuschen, ist in letzter Zeit viel behandelt worden. Im Sinne der letzteren Auffassung sind besonders die zahlreichen Arbeiten von Klebs hervorzuheben und man wird kaum bestreiten können, daß durch sie das Geltungsbereich der inneren Gründe wesentlich eingeengt erscheint.[1] Einen der größten Erfolge hat Klebs[2] durch das Aufheben der Ruheperiode unserer Buche erzielt, einem Objekt, das allen Treibmitteln gegenüber durch lange Zeit versagte.

Einen in mehrfacher Beziehung damit vergleichbaren Erfolg habe ich bei unserer Mistel erzielt, deren Samen ich nun zu

---

[1] Eine zusammenfassende Darstellung des Gegenstandes und der einschlägigen Literatur hat jüngst Lakon im Biologischen Zentralblatt (1915, Nr. 10) unter dem Titel »Über den rhythmischen Wechsel von Wachstum und Ruhe bei den Pflanzen« veröffentlicht.

[2] Über das Treiben der einheimischen Bäume, speziell der Buche. Sitzungsber. der Heidelb. Akad. der Wiss., math.-nat. Kl., 3. Abt., 1914.

jeder Zeit zur Keimung in wenigen Tagen veranlassen kann, etwa so, wie die Samen der *Brassica oleracea* oder andere in kurzer Frist zur Keimung schreitende Samen.

Noch im Jahre 1894 sagte Wiesner,[1] daß die Samen der Mistel, »obschon sie bereits im Herbste, zur Zeit der Fruchtreife, vollkommen ausgebildet erscheinen, weder in dieser Jahreszeit noch bis zum März des nächsten Jahres zum Keimen zu bringen sind, selbst wenn künstlich für entsprechende Wärme und Feuchtigkeit Sorge getragen ist und die Keimlinge (sollte heißen »Samen« H.) dem herrschenden Tageslichte ausgesetzt werden«. Wiesner hatte erwogen, ob nicht in unseren Klimaten während des Winters die Lichtintensität zu gering sei, um die Keimung zu gestatten und stellte daher in Buitenzorg, mit aus Europa nach Java mitgenommenen Mistelsamen, Keimversuche an. Da auch diese versagten,[2] gelangte er zu dem Schlusse, »daß das bei uns zu beobachtende späte Keimen der Samen von *Viscum album* nicht einfach auf äußere Verhältnisse zurückgeführt werden könne, sondern auf spätem Eintritt der Keimfähigkeit dieser Samen beruht. Die Mistelsamen machen somit faktisch eine Ruheperiode durch.«

An späterer Stelle der gleichen Abhandlung erwähnt Wiesner noch, daß geplante Versuche, eine Abkürzung der Ruhezeit durch einwirkendes starkes Licht zu erzielen, daran scheiterten, daß die im Jänner und Februar von Wien nach Buitenzorg gesendeten Mistelfrüchte in faulem Zustande ankamen und sagt: »Denn die Ruheperiode der Samen von *Viscum album* ist zweifellos eine phylogenetisch zustande gekommene Anpassungserscheinung, welche nicht durch einfache Änderung der Vegetationsbedingungen in der ontogenetischen Entwicklung aufgehoben werden muß.«

---

[1] Vergleichende physiologische Studien über die Keimung europäischer und tropischer Arten von *Viscum* und *Loranthus* (diese Sitzungsber., Bd. CIII, Abt. I, 1894).

[2] Das Versagen ist wohl auf Verlust der Keimfähigkeit der Samen während der Überfahrt zurückzuführen. Die Samen werden während der Reise wohl im Dunkeln gelegen sein und wie ich feststellte, geht im Dunkeln, zumal bei höheren Temperaturen, die Keimfähigkeit bald verloren.

Im Jahre 1897 hat Wiesner[1] neue Versuche über die Keimung von *Viscum album* veröffentlicht, deren Ergebnisse zu einer teilweisen Umänderung der früher geäußerten Anschauungen führten. Das Wichtigste in dieser Richtung enthalten die Punkte 7 und 8 seiner in 10 Sätzen gegebenen Zusammenfassung.

Es heißt da: »7. Unter Einhaltung der günstigsten Keimungsbedingungen läßt sich die Ruheperiode der morphologisch vollkommen ausgebildeten, aber noch nicht gereiften Samen auf 1 bis 3 Monate, die der reifen Samen auf 2 bis 3 Monate reduzieren. Von den ersteren keimen in abgekürzter Keimruhe bis 42, von den letzteren bis 10 $^0/_0$. Der Rest keimt mit Ausnahme von ein paar Prozent, die sich keimunfähig erwiesen, beiläufig in der normalen Keimzeit oder etwas früher«.

»8. Die faktische sechsmonatige Ruheperiode der Leimmistelsamen, die sich unter den in der Natur herrschenden Bedingungen ergibt, ist rücksichtlich eines Teils der Samen nicht als eine erworbene, erblich festgehaltene Eigentümlichkeit aufzufassen, da sie durch Herstellung günstiger Keimungsbedingungen bis auf $^1/_6$ reduziert werden kann.[2]

Man darf also wohl sich die Vorstellung bilden, daß die Eigentümlichkeit der Leimmistelsamen, eine bis zum Frühling währende Ruheperiode zu besitzen, noch nicht vollständig, wenn auch mit Rücksicht auf die gegebenen klimatischen Verhältnisse, in ausreichendem Maße ausgebildet ist.«

1912 veröffentlichte ich zwei Abhandlungen in diesen Sitzungsberichten, die Mistelstudien betrafen und von denen besonders die zweite spezieller die Keimung zum Gegenstande hatte.[3]

---

[1] Über die Ruheperiode und über einige Keimungsbedingungen der Samen von *Viscum album* (Ber. der Deutschen Bot. Ges., Bd. XV, p. 503 bis 516).

[2] Diese Reduktion auf $^1/_6$ gelang W. aber nur mit unreifen Samen. H.

[3] E. Heinricher, »Über Versuche, die Mistel (*Viscum album* L.) auf monocotylen und auf sukkulenten Gewächshauspflanzen zu ziehen« (diese Sitzungsber., Bd. CXXI, Abt. I) und »Samenreife und Samenruhe der Mistel (*Viscum album* L.) und die Umstände, welche die Keimung beeinflussen« (ebendort).

Ich führte mit Rücksicht darauf, daß der Begriff »Samenruhe« bei der Mistel verschiedene Anwendung gefunden hatte, zu diesem noch den Terminus »Liegezeit« ein und verstand unter ersterer »die Zeit von der Reife der Beeren bis zur Keimung«, unter letzterer »die Zeit vom Auslegen der Samen bis zur Keimung«.

Nach den gegenwärtig gewonnenen Erfahrungen erweist sich, wie wir sehen werden, diese Unterscheidung zwar in vielen Fällen als zweckdienlich, wenn aber die nunmehr erkannten, günstigsten Keimungsbedingungen geboten werden, wird sie tatsächlich überflüssig.

Auch mir gelang es schon damals in Gewächshauskulturen bei reifen Mistelbeeren die »Keimruhe« abzukürzen und bis zu 100 % der Samen während des Winters zur Keimung zu bringen, während dies Wiesner höchstens bis zu 10 % erzielt hatte. Auch führte ich einen Fall an, in dem auch im Freilande schon während des kalendarischen Winters (Februar) Keimung aufgetreten war.

Im übrigen äußerte ich mehrfach gegenteilige Anschauungen gegenüber den von Wiesner vertretenen; sprach mich gegen seine Annahme von »Hemmungsstoffen« als Ursache der Keimverzögerung aus, bestritt den von Wiesner betonten »ombrophoben Charakter« der Mistelkeimlinge und suchte die Bedeutung des Mistelschleimes in anderer Weise zu erklären.

Seit dieser Zeit beschäftigten mich Mistelfragen unausgesetzt und in den Wintermonaten speziell auch die Keimung betreffende. Ich war bestrebt, zu einer genaueren Analyse der Keimungsbedingungen zu gelangen; ermittelte exakter die Wirkung der Verdunkelung auf den Verlust des Keimvermögens und den Einfluß der Temperatur hierbei, untersuchte die Frage, wie weit die Mistelsamen Austrocknung vertragen und suchte die Bedeutung, die der Schleim (natürlich von der Befestigung am Substrat abgesehen) für die Samen hat, weiter aufzuklären.[1]

Im Frühjahr 1914/15 führte ich Versuche über den negativen Geotropismus des Mistel-Hypokotyls durch, über welche

[1] Die Ergebnisse dieser Versuche gelangten noch nicht zur Veröffentlichung.

eine Abhandlung in den »Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik« demnächst zum Abdrucke gelangen dürfte.

Gelegentlich dieser Versuche ergaben sich Beobachtungen, welche den großen Einfluß erkennen ließen, den die Summe dargebotener Lichtmenge auf die Keimung der Mistelsamen ausübt. Auch darüber wird in der erwähnten Abhandlung einiges mitgeteilt.

Diese Erfahrungen regten mich an, neue Versuche zum Zwecke weiterer Abkürzung der Ruhezeit der Mistel zu unternehmen. Zunächst sollte dies in der Weise geschehen, daß Mistelkulturen, untertags dem Tageslichte in unserem S-Versuchsgewächshaus, während der Stunden zwischen 4 bis 5 Uhr nachmittags bis zwischen 7 bis 8 Uhr morgens aber künstlichem, elektrischem Lichte höherer Intensität ausgesetzt werden sollten.

Erste Versuchsreihe. Eingeleitet am 26. Oktober. Ausgelegt werden 3 mit je 20 Mistelsamen belegte Platten und zwar:

1. Eine Holzplatte, an der Vorderfläche mit weißem Papier überzogen, auf dem die 20 Mistelsamen kleben, wird an der nach Süden stehenden Wand des Gewächshauses angenagelt. Diese Platte wird durch die elektrische Birne mit einer Intensität von 1600 K. beleuchtet.

2. Eine Glasplatte wird unter der Lichtquelle auf einem weißen Porzellanteller ausgelegt. Die Lichtintensität, die auf diese Platte fiel, betrug 400 K.

3. Von einem Stativ in vertikaler Lage gehalten, wird eine an der Rückseite mit weißem Papier unterlegte Glasplatte aufgestellt, an deren Vorderseite die Mistelsamen kleben. Die ihr während der Nacht zugeführte Lichtstärke betrug 100 K.

Der Versuch kann in der Hauptsache mit dem 4./XII. als abgeschlossen angesehen werden. Zu betonen ist, daß abgesehen von der nächtlichen Beleuchtung, alle für die Keimung maßgebenden Faktoren für die drei Kulturen während der Versuchszeit recht wechselnde waren. Die Belichtung untertags (Oberlicht, Vorderlicht vom Süden, Seitenlicht vom Westen) schwankte nach dem Witterungscharakter und nach der Lage der Platten. In letzterer Hinsicht war die horizontalliegende Platte unter 2 am günstigsten daran, dann folgte 1 und endlich 3.

Auf letztere fiel nur das von Westen kommende Licht auf die Stirnfläche, dem Ober- und Vorderlichte war die Kantenseite zugewendet. Die Temperatur im Versuchshause wurde durch ein Minimum-Maximum-Thermometer gemessen. Die nächtlichen Minima betrugen einmal +2° C, dreimal 5°, meist bewegten sie sich zwischen 7 bis 10°. Die Maxima schwankten untertags im Hause zwischen 20 bis 36°. Letztere Höhe wurde nur einmal festgestellt, doch 31° C kamen mehrfach vor. Die Kultur 1 besonders war nachts durch die Strahlung der elektrischen Lichtquelle einer um 2° höheren Temperatur ausgesetzt als das Minimum-Maximum-Thermometer angab und tagsüber kamen durch die Strahlung der auf der gegenüberliegenden Seite verlaufenden Heizröhren vorübergehende Erhöhungen bis auf 40° vor.

Die Feuchtigkeit untertags schwankte in der Regel zwischen 50 bis 70%; die geringste einmal festgestellte war 43, die höchste 82. Nachts dürfte sie stets zwischen 80 bis 90% betragen haben.

Von den Ergebnissen ist folgendes hervorzuheben:

Auf Platte I wurden die ersten Keimungen (2 Samen) am 12. November festgestellt, sie mehrten sich langsam und waren bis 4./XII. mindestens an 12 Samen erfolgt.[1] Wahrscheinlich war der Keimbeginn noch an weiteren erfolgt, konnte aber nicht festgestellt werden, da der Schleim zu einer festen Hülle erstarrt war und das Auswachsen der Hypokotyle unter dieser, solange es nicht zu ihrer Sprengung kam, nicht wahrgenommen werden konnte. Die Hypokotyle mancher Keimlinge zeigten am 4./XII. schon deutlich die negativ phototrope Reaktion.

Auf Platte II wurden ebenfalls am 12./XI. die ersten zwei keimenden Samen nachgewiesen. Da nach der Beschaffenheit des Schleimes im allgemeinen auf zu geringe Luftfeuchtigkeit geschlossen werden konnte, wurde bei dieser Kultur unter die Glasplatte mit Wasser getränktes Filterpapier gelegt und der Teller, der die Platte trug, mit einer Glasplatte überdeckt. Bis 4./XII. waren dann mindestens 15 von den 20 Samen gekeimt.

---

[1] Die weiter an ihrem Orte belassene Kultur hatte am 13./XII. 16 gekeimte Samen; auch die übrigen 4 Samen dürften zur Keimung kommen.

Auf Platte III kam es über eine Andeutung des Keimbeginnes (13./XI. bei einem Samen) bei 3 bis 4 Samen bis 4./XII. nicht hinaus.

Es war also schon in diesem Versuche gelungen, die Keimung am 18. Tage nach dem Auslegen der Samen und zwar am 12. November festzustellen, eine Keimung zu einer Zeit, in der mit Mistelsamen bisher noch niemand eine erzielt hatte.

Zweiter Versuch. Schon während des Verlaufes der ersten Versuchsreihe wurde ein neuer Versuch am 17./XI. eingeleitet. Zu einer Zeit also, wo man bei Annahme einer Ruheperiode eine »Vollruhe« voraussetzen konnte.

Beabsichtigt war in diesem Versuche 1. die relative Feuchtigkeit für die Samen während der Versuchszeit konstant bei $100^{0}/_{0}$ zu halten, 2. den Einfluß einer 0·1 mol. HCl-Lösung, mit der das den Samen unterlegte Filterpapier getränkt wurde, auf die Keimung zu prüfen. Es hatten ja inzwischen Lehmann und Ottenwälder[1] gezeigt, daß Säurezusatz bei Lichtkeimern oft fördernd in den Keimungsvorgang eingreift. Mein Schüler E. Kuhn[2] hat kürzlich Ähnliches für einen Dunkelkeimer, *Phacelia tanacetifolia*, nachgewiesen.

Der Boden einer Petrischale wurde mit 3 Lagen sterilisierten Filterpapiers ausgekleidet; auf dieses wurden in der einen Hälfte 15 Mistelsamen samt Schleimhülle, in der andern 15 möglichst vom Schleime befreite Samen ausgelegt. Das Filterpapier wurde reichlich mit 0·1 mol. HCl getränkt, dann wurde die Kultur zugedeckt und auf dem an der Hinterwand des Süd-Versuchshauses stehenden Tische unter die elektrische Lichtquelle geschoben, von der ihr nach Schwinden des Tageslichtes eine Lichtstärke von 400 K. zukam.

Der Versuch wurde nach 16 Tagen, am 3./XII. abgebrochen. Das Ergebnis war folgendes: Schon am 26./XI., also am neunten Tage nach dem Ansetzen, war am

[1] Über katalytische Wirkung des Lichtes bei der Keimung lichtempfindlicher Samen. (Zeitschrift für Botanik, 5. Jahrg. 1913, p. 337 bis 364.)

[2] Neue Beiträge zur Kenntnis der Keimung von *Phacelia tanacetifolia* Benth. (Vorl. Mitt., Ber. der Deutschen Bot. Ges., 1915, Bd. XXXIII, p. 367 bis 373).

Eingetretensein des Keimbeginns kaum zu zweifeln. Am 27./XI. wurde notiert, daß von den schleimfreien Samen mindestens 6, von denen mit Schleimhülle mindestens 2 wachsende Hypokotyle aufweisen. Die Zahl der gekeimten Samen nahm dann rasch zu. Am 3./XII. waren von den 15 Samen beider Partien je 14 gekeimt. Die Hypokotyle der schleimfreien Samen waren etwas stärker ausgewachsen, an manchen trat schon die negativ phototrope Reaktion hervor.

Die am 3./XII., am 16. Tage nach dem Ansetzen der Kultur gemachte photographische Aufnahme in Fig. 1, gibt Aufschluß über ihr Aussehen. In der unteren Partie liegen die von vornherein schleimfrei gemachten Samen vor.

Das Ergebnis der Kultur erbrachte also eine beträchtliche Beschleunigung im Keimerfolg gegenüber der ersten Versuchsreihe. Der Keimbeginn trat in halb so kurzer Frist, am neunten Tage, ein.

Ob diese Beschleunigung nun der konstant bei 100% Feuchtigkeit gehaltenen Kultur zuzuschreiben sei, oder ob sie der 0·1 mol. HCl zufalle, oder ihrer vereinten Wirkung, war aber nicht entschieden. Diese und andere Fragen sollte eine am 4./XII. angesetzte Kulturreihe beantworten.

Dritte Versuchsreihe, angesetzt am 4./XII. mittags, abgeschlossen am 11./XII. früh.

Sie umfaßt 6 Kulturen, die alle in Petrischalen durchgeführt wurden. Die ersten 5 wurden im Süd-Versuchshaus an gleichem Orte wie der Versuch II durchgeführt, jedoch bei Steigerung der nächtlich gebotenen Lichtstärke auf 3200 K. [1]

Der 6. Versuch verlief im Dunkelzimmer, bei konstanter künstlicher Beleuchtung.

---

[1] Bei der Wichtigkeit der Ergebnisse dieser Kulturen führe ich an, daß die Tage zwischen dem 4. bis 11./XII. durch föhniges, auffallend warmes Wetter und viel Regen ausgezeichnet waren. Die im Süd-Versuchsgewächshaus abgelesenen Minima erreichten nur in einer Nacht 9° C, das Maximum untertags nur einmal 28°; das Minimum an relativer Feuchtigkeit ist mit 61% verzeichnet. Der Himmel war nur am 5. ganz hell, an den übrigen Tagen wechselnd bewölkt, bei Nebel oder zeitweiligem Regen.

A. Die Kulturen *A* 1 bis 5. Von diesen gehören 1 und 2 und 3 und 4 paarweise zusammen. Die Petrischalen von 1 und 2 wurden im Bodenstück mit 3 Lagen sterilisiertem Filterpapier ausgekleidet, auf das je 20 schleimfreie Samen ausgelegt wurden. Bei 1 wurde die Tränkung des Papiers mittels abgemessener Menge 0·1 mol. HCL, bei 2 mit gleicher Menge Brunnenwasser vorgenommen. Wenn ein Trockenwerden des Filterpapiers bemerkbar war, wurden gleiche Mengen von H_2O eingeführt. Beabsichtigt war hier festzustellen, ob ein Einfluß der 0·1 mol. HCl deutlich hervortreten würde.

Auch der Versuch 3 und 4 suchte dieselbe Entscheidung, zugleich aber noch die eines anderen Punktes. Wiesner[1] hat bekanntlich die Verzögerung der Keimung durch Hemmungsstoffe zu erklären gesucht, die im Mistelschleim vorhanden wären. Ich habe diese Annahme als nicht stichhältig erklärt. (Vgl. darüber einen folgenden Abschnitt.) Für die Annahme von Hemmungsstoffen hat sich nun jüngst Gassner[2] ausgesprochen, allerdings ohne die von mir dagegen gebrachten Einwände zu erwähnen. Gelegentlich der Besprechung meiner Mitteilung »Über besondere Keimungsbedingungen, welche die Samen der Zwergmistel, *Arceuthobium Oxycedri* (D. C.) M. Bieb. beanspruchen«,[3] äußert er die Ansicht, »Daß mit viel mehr Wahrscheinlichkeit die Erklärung[4] von Heinricher's Beobachtung in der Richtung zu suchen sei, daß bei Keimung auf

---

[1] In seiner ersten zitierten Abhandlung, p. 23.

[2] Beiträge zur Frage der Lichtkeimung. (Zeitschr. f. Botanik, 7. Jahrg. [1915], p. 657.)

[3] Zentralbl. f. Bakt. II. Abt. 1915, p. 705 bis 711.

[4] Ich habe die Keimung nur auf totem, organischem Material, nicht auf Glas erzielen können und habe ausgesprochen, daß von der Zellulose der Anreiz zur Keimung ausgehen dürfte. Daß gegen diese Ansicht mannigfache Bedenken erhoben werden können, darin pflichte ich Gassner bei. Im Schlußsatz meiner Veröffentlichung sage ich auch deshalb »Das hier Mitgeteilte regt zu mehrfachen neuen Fragen an und erheischt nebst einer erweiterten Kontrolle und Prüfung der ausgesprochenen Sätze einen Ausbau nach mannigfacher Richtung; insbesondere werden noch weitere Stoffe, die etwa Anreiz zur Keimung zu vermitteln vermögen, zu suchen sein. Mit diesen Fragen wird sich einer meiner Schüler in nächster Zeit beschäftigen.« Davon macht Gassner keine Erwähnung.

Glas die gebildeten, keimungshemmenden Stoffe an der Oberfläche des Samens bleiben, bei Keimung auf Holz oder Filtrierpapier dagegen durch Diffusion in das Substrat verdünnt und so unschädlich werden. Das würde mit den Ausführungen Wiesner's, welcher ebenfalls den Hemmungsstoffen bei der Keimung der Mistelsamen eine Rolle zuweist, in Übereinstimmung stehen.«

Um nun die Beseitigung eines »Hemmungsstoffes« durch das den Samen unterlegte Filterpapier zu vermeiden, wurden die Bodenstücke der Petrischalen 3 und 4 außen mit weißem Schreibpapier unterlegt; innen wurden je 20 Samen (möglichst schleimfrei) im Zentrum, an 4 Stellen der Peripherie aber 3 Lagen starke, rechteckige Filterpapierscheiben ausgelegt. Diese wurden mit abgemessenen Mengen H_2O getränkt, in der Mitte zwischen den Samen aber bei 3, H_2O, bei 4, 0·1 mol. HCl in mittels Pipette abgemessenen gleichen Mengen eingeführt.

In der Schale 5 wurde die gleiche Einrichtung wie bei 3 vorgenommen, nur hatten die in der Mitte ausgelegten Samen ihre volle Schleimhülle.

B. Die Kultur 6. Die in dem Dunkelzimmer aufgestellte Kultur 6 hatte in dem Bodenstück der Petrischale 3 Lagen mit H_2O getränktes Filtrierpapier. Die 20 Samen wurden mit voller Schleimhülle ausgelegt. Die ober der Schale angebrachte Birne gab eine Lichtstärke von 1600 K. Die Temperatur im Dunkelzimmer hält sich recht konstant. Sie war unter der Lichtquelle stets um einige Grade höher; ein neben der Kultur liegendes Thermometer zeigte Schwankungen zwischen 22 bis 25° C.

Von den Ergebnissen der dritten Versuchsreihe soll zunächst nur das Tatsächliche Erwähnung finden; die Folgerungen, zu denen sie berechtigen, sollen später zusammengefaßt werden.[1]

---

[1] Die geplante Weiterführung der Untersuchung über die Keimung von *Arceuthobium* hat der Krieg vorläufig unmöglich gemacht. Die Lösung, welche die Frage erfahren dürfte, glaube ich heute schon zu ahnen. Sie wird den angenommenen chemischen Anreiz durch eine organische Substanz verneinen, aber auch kaum die Wirksamkeit eines Hemmungsstoffes im Sinne Gassner's bestätigen.

Am 6./XII. (2. Tag nach der Aussaat) war beginnende Keimung in allen Kulturen wahrscheinlich, aber doch noch nicht sichergestellt. Bei Kultur 2 sagt der Vermerk, daß Keimen berechtigter vermutet werde als bei Kultur 1.

Am 3. Tage (7./XII.) war Keimung einzelner Samen in allen Kulturen zweifellos vorhanden, und zwar: Für 1 bei 7, für 2 bei 6 bis 7, für 3 (infolge schlechten Schlusses der Petrischale stark ausgetrocknet) bei 2 bis 3, für 4 bei mindestens 10 bis 11, für 5 bei 4, für 6 bei 6 Samen.

Am 5. Tage (9./XII.) war Keimung deutlich erkennbar: in Kultur 1 bei 14, in 2 bei 12, in 3 bei 3, in 4 bei 19 (vgl. Fig. 2 *a*), in 5 bei 6, in 6 bei 11 bis 12 Samen.

Kultur 6 wies stärkere Verpilzung auf (Folge der belassenen Schleimhülle) und wurde, da das durch sie gesuchte Ergebnis bereits klar vorlag, an diesem Tage aufgelassen.

Am 6. Tage (10./XII.) in 1 19, in 2 18 bis 19, in 3 8, in 4 20, in 5 13 bis 14 Samen gekeimt.

Am 7. Tage (11./XII.) in Kultur 1 20, in 2 19, in 3 9, in 4 20 (vgl. Fig. 2 *b*), in 5 17 Samen gekeimt.

Das Ergebnis dieser Versuchsreihe ist zweifellos überraschend. Daß am Beginne des Dezembers ausgelegte Mistelsamen, vermutlich schon am 2., sicher aber am 3. Tage keimen würden, und zwar in kurzer Frist bis zu 100%, war den früher erzielten Resultaten und den gehegten Anschauungen gegenüber kaum zu erwarten. Dabei ist darauf hinzuweisen, daß, besonders für Kultur 6, keine außerordentlichen Mittel zur Anwendung gelangten.[1] Es lehren diese Versuche, wie intim man erst mit einem Objekte vertraut werden muß, um überkommene Anschauungen zu überwinden und allen Irrungen zu entgehen.

Wir sehen, daß, unter günstigsten Bedingungen, die Samen unserer Mistel offenbar jederzeit in kurzer Frist zur Keimung gebracht werden können, gerade

---

[1] Ich meine darunter, daß in diesem Versuche ein Salzsäurezusatz nicht erfolgte und die konstante Belichtung nur 1600 K. betrug, also in bescheideneren Grenzen gehalten war.

so wie die der tropischen Loranthaceen. (Nach Wiesner keimen diese durchschnittlich nach 4 Tagen.) Daraus geht aber auch hervor, daß die Samen unserer Mistel, wie die der tropischen Loranthaceen, **keine** inhärente Ruheperiode haben. Die tatsächlich in der freien Natur von ihnen durch 5 bis 6 Monate betätigte Ruhe ist also eine ihnen nur durch die Außenfaktoren aufgezwungene, die alle während dieses Zeitraumes hinter dem optimalen Grad für den Keimungsvorgang zurückbleiben oder ihn nur vereinzelt oder vorübergehend erreichen, nie aber im richtigen Zusammenspiel stehen.

Die für die Keimung der Mistel maßgebenden Faktoren sind die Temperatur, das Licht und die Luftfeuchtigkeit. Das Keimen der Mistelsamen im Freiland während der kalten Periode dürfte in erster Linie durch die zu tiefen Temperaturen verhindert werden. Das Licht ist insbesondere für die Erhaltung der Keimfähigkeit und die Keimungsenergie von großer Bedeutung.

Für den Keimprozeß ist aber die nötige Intensität — gegenüber den Erwartungen, die ich in letzter Zeit hegte — nicht allzu hoch. Dies lehrt die Dunkelzimmerkultur (6), wo bei der Beleuchtung mit 1600 K. am 3. Tage der Keimbeginn sicher vorlag und am 5. Tage schon 55 bis 60% der Samen gekeimt hatten. Da nun auch im Dezember im Mittel die Intensität des Tageslichtes noch 5469 H. K.[1] beträgt, ist vorauszusehen, daß unter Weglassung nächtlicher Beleuchtung — bei günstiger Temperatur und Feuchtigkeit — unter Einwirkung des Tageslichtes allein, auch im Dezember Keimung der Mistelsamen in relativ kurzer Zeit (8 bis 10 Tagen) erzielt werden muß.[2]

---

[1] Nach den Bestimmungen von Prof. Weber in Kiel. Vgl. bei Lehmann »Über die Beeinflussung lichtempfindlicher Samen durch die Temperatur« (Zeitschr. f. Bot., 4. Jahrg., 1912, p. 498).

[2] Wenigstens annähernd gelang es mir, auch diesen Ausspruch durch einen Versuch zu bestätigen. Am 15. Dezember wurden auf die mit drei Lagen Filtrierpapier ausgekleideten und mit Wasser getränkten Bodenstücke zweier

Auch die relative Feuchtigkeit wäre in der winterlichen Zeit oft in genügendem Maße vorhanden, weniger günstig steht es aber mit der Temperatur; insbesondere der starke nächtliche Abfall wird selbst in verhältnismäßig milden Perioden sich hemmend geltend machen. Vor allem wird es aber selten vorkommen, daß gleichzeitig Temperatur, Licht und Feuchtigkeit in einer dem Optimum sich nähernden Weise zusammenwirken.

Der Faktor, der an der so rasch in dieser 3. Versuchsreihe erzielten Keimung, neben der konstanten Beleuchtung, einen ganz wesentlichen Anteil hat, ist offenbar die relative Luftfeuchtigkeit im optimalen Ausmaße. Die ist bisher in den meisten Versuchen in für die Keimung unteroptimalem Grade geboten worden. Nicht 60 bis 70% relative Feuchtigkeit sind das Optimum; alle Schwankungen nach unten, die zur Erhärtung des Mistelschleims führen, haben Verzögerungen im Gefolge. Das Optimum für den raschen Keimerfolg ist offenbar 100% und der Verwendung der geschlossenen Petrischalen verdanke ich die erzielten, zunächst verblüffenden Ergebnisse. Sie

---

Petrischalen je 20 Mistelsamen ausgelegt, in der einen samt Schleimhülle, in der andern ohne. Die Schalen standen im S-Haus dem Tageslichte ausgesetzt (etwa von $^1/_2$8 Uhr morgens bis nachmittags $^1/_2$5 Uhr): in der übrigen Zeit kamen sie unter einen Dunkelsturz. Die Kultur mit den »Schleimsamen« mußte wegen starker Verpilzung am 24./XII. aufgelassen werden, in jener mit den schleimfreien Samen keimte am 28./XII., also am 13. Tage, ein Same. (Wenn die Versuchsbedingungen nicht optimale sind, kommen stets die besonders gut ausgestalteten Embryonen durch rascheres Eintreten in die Keimung zur Geltung.) Das Ergebnis des Versuches, das vielleicht etwas armselig erscheint, wird bei näherer Überlegung aber verständlich. Unser S-Haus läßt den Kulturen nur etwa $^1/_4$ des Himmelslichtes zukommen, denn gegen N und O ist es von Mauern begrenzt. Weiters war die Temperatur während des Versuches nicht dauernd die günstigste, besonders die nächtlichen Minima mochten ihren Einfluß äußern. Bei möglicher Korrektur dieser Verhältnisse könnte sicherlich, bei Ausnutzung des Tageslichtes allein, auch im Dezember in etwa 8 Tagen die Keimung der Mistelsamen erzielt werden.

In einem späteren Versuche, eingeleitet am 22. Jänner 1916, war unter Einwirkung des Tageslichtes allein, am 9. Tage, die Keimung aller Samen vollzogen! (Nachtrag bei der Korrektur!)

widerlegen wohl klar die Ansicht Wiesner's vom »ombrophoben« Charakter der Mistelkeimlinge und bestätigen die Berechtigung meiner seinerzeit dagegen erhobenen Einwände, in allerdings damals noch nicht vorausgesehenem Maße.[1]

Den bedeutenden Einfluß der Feuchtigkeit auf den Keimerfolg ersieht man aus dem starken Zurückbleiben der Keimungen in Kultur 3 (sie wurde am 3. Tage wegen schlechten Schlusses der Petrischale stark ausgetrocknet vorgefunden) gegenüber Kultur 4. Aber auch in der 1. Versuchsreihe bei Platte 1 äußert sich dieser Einfluß, wenn man den Vergleich mit Kultur 6 der 3. Versuchsreihe zieht. In beiden Fällen waren die Kulturen einer Lichtstärke von 1600 K. ausgesetzt, ja die Platte 1 hatte untertags vermutlich höheren Lichtgenuß als die Kultur 6, der im Dunkelzimmer die konstante Lichtintensität von 1600 K. geboten war. Die ersten Keimungen erfolgten auf Platte 1 aber erst am 18., bei Kultur 6 aber schon am 3. Tage nach der Aussaat, was wohl sicher mit der relativ geringen Feuchtigkeit in dem Versuchsgewächshaus (Platte 1) und der hohen bei Kultur 6 (geschlossene Petrischale im Dunkelzimmer) zusammenhängt.

Für die Versuche 1 bis 5 war dann wohl auch die verstärkte nächtliche Beleuchtung (3200 K.) von Einfluß auf den raschen Keimbeginn und die Keimungsenergie.[2] Der Vergleich

---

[1] Wiesner (2. Mitteilung) sagt unter 3. der Zusammenfassung: »Am günstigsten verläuft die Keimung der Leimmistelsamen in künstlich während des Winters eingeleiteten Versuchen bei Herstellung günstigster Beleuchtung durch diffuses Tageslicht bei einer Temperatur von 15 bis 22° und bei mäßiger Luftfeuchtigkeit.« Ich (Zusammenfassung der 2. Abhandlung) sagte: »11. Versuche sprechen dafür, daß eine mittlere Feuchtigkeit fördernd auf die Keimung der Mistelsamen wirkt. 12. Die Annahme Wiesner's, daß die Keimlinge der Mistel einen ombrophoben Charakter haben, wird bestritten etc. 13. Auch große Feuchtigkeit, selbst gepaart mit hoher Temperatur, wird von Mistelkeimlingen vertragen, wenn Bakterien und Schimmelpilze hintangehalten werden, etc. 14. Bakterien und Schimmelpilze werden um so gefährlicher, je mehr Schleim die ausgelegten Mistelsamen mitbekamen, weil dieser einen ausgezeichneten Nährboden für Bakterien und Pilze abgibt, etc.«

[2] Besonders die Keimungsenergie wird durch starke Beleuchtung stark gefördert, so daß durch ihren Einfluß auch die hemmende Wirkung zu großer Lufttrockenheit überwunden wird. Die Platte 1 der ersten Versuchsreihe gibt den

wäre hier am ehesten zwischen dem Versuch II und der Kultur 1 der III. Versuchsreihe durchführbar, bei den großen Schwankungen im Tageslichte verliert er aber einigermaßen an Wert, da die Versuche nicht gleichzeitig liefen. Im Versuche II, wo nur eine Lichtstärke von 400 K verwendet wurde, waren die ersten Keimungen am 9. Tage erfolgt, in der Kultur 1 am 3. (wenn nicht schon am 2.) Tage. Im Versuche II waren am 16. Tage 93% der Samen gekeimt, in Kultur 1 der III. Reihe 100% schon am 7. Tage.

Was den Einfluß der 0·1 mol. HCl betrifft, so läßt sich vor allem glaube ich sagen, daß eine Beschleunigung des Keimbeginnes durch sie nicht hervortrat. In sämtlichen Kulturen der III. Versuchsreihe war am 3. Tage nach der Aussaat ein Keimbeginn feststellbar, auch in den Kulturen 2, 3, 5 und 6, bei denen kein Salzsäurezusatz erfolgt war. Zum Vergleiche besonders geeignet erscheinen die Kulturen 1 und 2, bei denen das den Samen unterlegte Filtrierpapier bei 1 mit 0·1 mol. HCl, bei 2 mit H_2O in gleichen Mengen getränkt worden war. Es waren nun am 3. Tage bei 1 7, bei 2 6 bis 7, am 5. Tage bei 1 14, bei 2 12, am 6. Tage bei 1 19, bei 2 18 bis 19 Samen gekeimt. Der Unterschied ist also jedenfalls ein unbedeutender. Hingegen trat von diesem Tage an eine merkliche Beschleunigung im Wachstum der Embryonen bei den mit 0·1 mol. HCl getränkten Kulturen hervor.[1]

Beleg dafür, da trotz des eingetrockneten Schleimes der Keimbeginn am 18. Tage einsetzte. Sie hatte guten Genuß des Tageslichtes und nachts dann eine Lichtstärke von 1600 K. Im Gegensatze dazu hatte Platte 3 sowohl ungünstigere Beleuchtung tagsüber als auch nachts nur eine solche von 100 K. Vom Beginn des Versuches (26./X.) bis zum Abschluß (4./XII.) kam es nur zur Andeutung eines Keimbeginnes bei wenigen Samen.

[1] Das steht im Gegensatz zu den Befunden Ottenwälder's (vgl. die folgend genannte Abhandlung), der sagt, »daß ein Wachstumsreiz durch die Säure bei der Lichtkeimung nicht anzunehmen ist«. Allerdings ist hervorzuheben, daß in den Versuchen Ottenwälders sich der Säurezusatz besonders bei der Dunkelkultur der »Lichtkeimer« fördernd erwies, während bei Kultur am Lichte »nicht, wie man hätte vielleicht erwarten können, eine Addition der Lichtwirkung und der Säurewirkung stattfindet, sondern im Gegenteil eine Beeinträchtigung der Lichtwirkung durch die Säure erfolgt«. Wie wir sahen, ist eine solche Beeinträchtigung bei den Mistelsamen nicht eingetreten; die

Die Kulturen 3 und 4 können in bezug auf den Einfluß von HCl auf den Keimungsbeginn nicht herangezogen werden, da, wie erwähnt, infolge schlechten Schließens der Schalen bei 3 eine starke Austrocknung vorgekommen war. Hingegen war bei 4, die 0·1 mol. HCl erhalten hatte, die rasche Entwicklung der Hypokotyle besonders bemerkbar. In Fig. 2 liegen zwei Aufnahmen vor, die das zeigen. Die Aufnahme *a* wurde am 5. Tage, *b* am 7. Tage nach der Aussaat gemacht. In *b* treten schon die negativ phototropen Reaktionen der Hypokotyle hervor; wie ersichtlich, haben alle 20 Samen gekeimt.

Es ergäbe sich nun die Frage, ob etwa durch Säurezusatz auch bei der Mistel ein Ersatz für die Lichtwirkung, d. h. Keimung im Dunkeln[1] erzielt werden könnte? Ein Vorversuch, der mit 0·1 mol. HCl am 27./XI. angestellt wurde, hat bis heute (28./XII.) zu keiner Keimung geführt. Ich behalte mir weitere Versuche nach dieser Richtung, zunächst auch mit geringeren HCl-Konzentrationen, vor. Auch sind bereits Versuche im Gange, die die geringste Lichtintensität ermitteln sollen, bei der Mistelsamen noch zu keimen vermögen (Temperatur und Feuchtigkeit im Optimum geboten).[2]

Zur Frage nach dem Vorhandensein eines Hemmungsstoffes im Schleim der Mistelbeeren. Die »Ruhezeit« der Mistelsamen wurde von Wiesner, wenigstens zum Teil, dem Vorhandensein einer die Keimung hemmenden Substanz im Mistelschleime zugeschrieben. Als wesentliche Stütze dieser Anschauung führte Wiesner die Tatsache an,

---

Förderung aber ist, wie gesagt, nicht auf den Keimbeginn, wohl aber auf das Wachstum der Keimlinge deutlich bemerkbar geworden.

[1] Außer in der früher genannten Abhandlung von Lehmann und Ottenwälder, wird auch in des letzteren Dissertation »Lichtintensität und Substrat bei der Lichtkeimung« (Zeitschr. für Botanik, 6. Jahrg. 1914) nachgewiesen, daß die Samen vieler Lichtkeimer durch Säurezusatz auch im Dunkeln eine beträchtliche Förderung der Keimung erfahren. Allerdings handelt es sich um Samen, bei denen schon Erhöhung der Temperatur zum Teil die Lichtwirkung zu ersetzen vermag. Die Samen der Mistel verlieren aber gerade bei höheren Temperaturen und Dunkelheit das Keimvermögen rasch.

[2] Ein während des Frühjahrs 1915 (27./II. bis 16./IV.) bei konstanter Lichtstärke von 80 K. und günstigen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen im Thermostaten durchgeführter Versuch ergab keine Keimung.

daß die Samen rasch keimender Gewächse (*Lepidium sativum*, *Linum usitatissimum*, *Trifolium pratense*) auf den Mistelschleim gestreut und unter sonst günstige Bedingungen gebracht, nicht keimen. Er sagt dann: »Es kann nach diesen Versuchen keinem Zweifel unterliegen, daß in dem Fruchtfleisch von *Viscum album* ein Stoff oder vielleicht auch mehrere Stoffe vorhanden sind, welche die Keimung der genannten Samen aufhalten,« und weiter »so ist es im hohen Grade wahrscheinlich, daß in der substantiellen Beschaffenheit des Viscinschleimes eine der Ursachen des normalen Keimverzuges der Mistelsamen zu suchen ist.« Wie aus dem Zitat p. 171 zu sehen, hat sich dieser Auffassung jüngst auch Gassner angeschlossen.

Ich habe schon in der erstgenannten Mistelstudie vom Jahre 1912 dieser Auffassung nicht zugestimmt. Unter 4 der Zusammenfassung heißt es dort: »Die Annahme Wiesner's, daß in den Beeren sich ein die Keimung des Samens hemmender Stoff (»Hemmungsstoff«) finde, der die lange Keimruhe der Mistel bedinge, wird, weil die Samen in den Beeren selbst schließlich zu keimen vermögen, nicht geteilt. Hingegen Wiesner's Befund, daß der Schleim der Mistelbeeren auf andere Samen die Keimung hindernd oder stark beeinflussend wirkt, auf das toxische Prinzip, das der Mistelkeim enthält, zurückgeführt.« [1]

Im vergangenen November wiederholte ich Wiesner's Versuch mehrfach. Die Samen von *Brassica oleracea* und *Lepidium sativum* keimten nicht im Mistelschleim. Ich schloß daran auch einige weitere Versuche, auf deren Einzelheiten ich

[1] In seiner Abhandlung »Zur Anatomie und Keimungsphysiologie heteromorpher Samen von *Chenopodium album* und *Atriplex nitens*« (diese Sitzungsber., Bd. CXXII, 1913) erwähnt Henrik Baar, p. 5, ebenfalls die Wiesner'schen Versuche und die »Hemmungsstoffe«. In einer Fußnote bemerkt er »In neuester Zeit wurde dies von Heinricher angezweifelt. Heinricher wiederholt aber die Versuche Wiesner's, welche für die Existenz von Hemmungsstoffen sprechen, nicht.« Um zu zeigen, wie überflüssig und geradezu irreführend letztere Bemerkung ist, habe ich obiges Zitat aus meiner Abhandlung wörtlich gebracht. Das Ergebnis der Wiesner'schen Versuche habe ich nicht angezweifelt, daher auch kein Anlaß zu ihrer Wiederholung vorlag; wohl aber fand das Ergebnis bei mir eine andersartige Deutung.

nicht eingehe. Ich will nur erwähnen, daß ich nun zur Ansicht gekommen bin, daß weder die Deutung Wiesner's, Hemmungsstoffe seien die Ursache des Nichtkeimens, noch meine, toxische Stoffe im Mistelschleim, zutreffen dürfte. Daß Mistelsamen und Mistelschleim auf gewisse Pflanzen Giftwirkungen ausüben, steht fest. Über die starken Giftwirkungen auf Birnbäume und damit zusammenhängende Fragen habe ich durch Jahre Versuche durchgeführt, über die ich bald eine Abhandlung veröffentlichen werde. Mit Schleimhülle auf junge Pflanzen von *Brassica oleracea* ausgelegte Samen ließen aber keine Giftwirkungen erkennen, wenigstens nicht vor der vollzogenen Keimung.

Die Ursache des Nichtkeimens von Samen auf Mistelschleim deute ich aber auf Grund meiner Beobachtungen dahin, daß, obwohl die ausgelegten Samen von *Lepidium* und *Brassica* im flüssigen Mistelschleim versinken, für sie dieses Substrat doch physiologisch trocken ist, sie dem Mistelschleim das zur Keimung nötige Wasser nicht zu entziehen vermögen; auch dann nicht, wenn eine leichte Vorquellung der Samen durch 1 bis 2 Stunden in H_2O vorangegangen war. Aus gleicher Ursache keimen wohl auch solche Samen in einer recht verdünnten Gelatinelösung nicht, die viel dünnflüssiger verwendet wurde als es der Mistelschleim ist. Um diese Lösung flüssig zu erhalten, wurde sie in einer Petrischale auf den Paraffinofen gestellt und daneben eine Petrischale mit Wasser. Die Erwärmung der Flüssigkeiten betrug 30° C. In beide Schalen kamen am 29./XI. Samen von *Lepidium* und *Brassica*. Im Wasser begannen *Lepidium*-Samen am 30./XI. zu keimen; am 3./XII. hatten alle *Brassica*-Samen gekeimt (Beginn 1./XII.) und die Keimlinge beider Samenarten wuchsen. In der Gelatinelösung erfolgte keine Keimung. Ich messe diesen Versuchen keine entscheidende Bedeutung zu, glaube aber, daß die vorgetragene Deutung des Nichtkeimens von Samen auf Mistelschleim der Erwägung wert ist.[1]

[1] Über weitere Versuche zu dieser Frage dürfte an anderer Stelle ein Bericht folgen. Hier sei nur noch erwähnt, daß ein Schüler Wiesner's,

Wie stellen sich nun die Ergebnisse meines Versuches II und der Kulturen der III. Versuchsreihe zur Frage nach den Hemmungsstoffen? Ich glaube, sie sprechen nicht für die Annahme solcher Stoffe. Im Versuche II erfolgte die Keimung der schleimfreien und der mit Schleimhülle ausgelegten Samen gleichzeitig, sicher am 10. Tage; am 12. Tage steht im Tagebuche: »Bei den Samen ohne Schleim sehr bemerkbares Wachstum bei 6, überhaupt gekeimt 13; bei den Samen mit Schleim sehr bemerkbares Wachstum bei 4, gewiß gekeimt 10 Samen.« Am 16. Tage waren von beiden Gruppen 14 Samen gekeimt. Die in Fig. 1 gegebene Aufnahme läßt vielleicht eine leichte Förderung der unteren (schleimfreien) Samen hervortreten.

Doch würde der Versuch II Einwürfe gestatten. Es war hier erstens den Samen Filtrierpapier unterlegt, was nach Gassner eine Fortführung oder Verdünnung des Hemmungsstoffes zur Folge haben könnte, zweitens war das Filtrierpapier mit 0·1 mol. HCl getränkt worden. Es wäre der Einwurf zu erwarten, daß die Salzsäure den Hemmungsstoff beseitigte. Letzterer Einwurf könnte auch bei Kultur 4 der III. Versuchsreihe begegnen.

Beiden Einwürfen ist aber die Kultur 5 der III. Versuchsreihe entzogen. In derselben sind die Samen mit Schleimhülle unmittelbar dem Bodenstück der Petrischale aufgelegt worden, zur Befeuchtung wurde nur H_2O verwendet. Trotzdem war der sichere Keimbeginn auch in Kultur 5 am 3. Tage feststellbar und am 7. Tage bei 17 von 20 Samen vorhanden. Es ist richtig, die Keimung erfolgte hier etwas langsamer als bei den schleimfreien Samen, und ebenso das Wachstum der Keimlinge. Doch wird das wohl kaum auf einen Hemmungsstoff hinweisen und

Dr. G. Tomann, in seiner Abhandlung »Vergleichende Untersuchungen über die Beschaffenheit des Fruchtschleimes von *Viscum album* L. und *Loranthus europaeus* L. und dessen biologische Bedeutung« (diese Sitzungsber., Bd. CXV, 1906) auf die Hemmung aufmerksam macht, die der Sauerstoffzutritt durch den Schleim erfährt. P. 360 sagt er, »Verschiedene Versuche, die ich mit verschiedenen Schleimen anstellte, lassen vermuten, daß außerdem (d. h. außer Wiesner's Hemmungsstoffen H.) auch noch der durch den Schleim bewirkte Sauerstoffabschluß eine der Ursachen der Keimungshemmung sei.« Unter gewissen Versuchsbedingungen wird diese Erklärung zutreffen. Wenn Samen von *Lepidium* etc. im Schleim versinken, ersticken sie schließlich tatsächlich.

ungezwungener auf andere Weise erklärt werden. Es ist doch sehr wahrscheinlich, daß der Sauerstoffbezug bei den Samen mit Schleimhülle ein etwas schwierigerer ist und dies nicht ohne Einfluß bleibt.

Dem Einwand, daß durch Filterpapier der »Hemmungsstoff« den Samen entzogen werde,[1] suchte ich noch durch folgenden Versuch, der kurz skizziert sei, zu begegnen.

Am 11. Dezember mittags wurden auf die Bodenstücke zweier Petrischalen je 20 Mistelsamen, die eine Partie mit Schleim, die andere ohne, ausgelegt. Filterpapier wurde nur im Deckel angebracht, und zwar 3 Lagen, die als kreisförmiger Ring von ungefähr 1·5 *cm* Breite, am Umkreis des Deckels eingeschoben und mit Wasser getränkt waren. Eine Berührung der Samen durch das Filterpapier blieb ausgeschlossen. Die Kulturen wurden im S-Haus aufgestellt und waren dem Tageslichte, nach Schwinden desselben einer elektrischen Birne mit der Lichtintensität von 3200 K. ausgesetzt.

Auch in diesem Versuche setzte der Keimbeginn schon am 3. Tage ein, von den »Schleimsamen« bei 8, bei den schleimfreien bei 4. Die Schleimsamen blieben — was ebenfalls gegen Hemmungsstoffe im Schleime spricht — in diesem Versuche dauernd etwas in Vorsprung. Schon am 18. Dezember waren in jeder Schale mindestens 16 Samen gekeimt. Doch die Schnelligkeit im Wachstum der Keimlinge blieb gegenüber jenen in den Kulturen der III. Versuchsreihe zurück. (Vgl. Fig. 3 und Fig. 4. Fig. 3, die schleimfreien Samen aufgenommen am 12. Tage, Fig. 4 eine Partie der »Schleimsamen«, aufgenommen am 15. Tage. Der gelbbraun verfärbte Schleim ist schon zufolge der Färbung, weiters aber noch durch Spiegelungen, für die Aufnahmen ungünstig.)

Die geringe Wachstumsschnelligkeit kann in den tieferen Minima, die während dieses Versuches nachts im Hause auf-

[1] In den Kulturen 3, 4, 5 der III. Versuchsreihe lagen die Filterpapierscheibchen in den Bodenstücken der Petrischalen und wenn auch die Samen im allgemeinen den freien Glasflächen auflagen, so kam doch stellenweise (wie in Fig. 2 *a* und *b* oben) eine Berührung derselben mit den Filterpapierscheibchen vor.

traten, ihren Grund haben (nur in der ersten Nacht noch 12° C, dann einmal 9, auch nur 5, meist aber zwischen 6 bis 7°; Maximum untertags zwischen 21·5 bis 29·5), kann aber auch in dem nachstehend erörterten Momente Begründung finden, oder auf vereinter Wirkung beider Momente beruhen. Während nämlich in der III. Versuchsreihe auch zwischen die ausgelegten Samen (Kultur 3, 4 und 5) entweder H_2O oder 0·1 mol. HCl gebracht worden war, wurde im letzten Versuche nur das Filtrierpapier am Deckel mit Wasser getränkt. Der Mangel flüssigen den Samen zugeführten Wassers hat wahrscheinlich das langsamere Wachstum der Keimlinge, besonders der schleimfreien Samen bedingt, denen gegenüber hier die schleimumhüllten im Vorteile erscheinen. Jedenfalls läßt auch dieser Versuch in keiner Weise auf das Vorhandensein von Hemmungsstoffen im Schleime schließen. So scheint mir denn durch die Tatsache, daß es gelang, am 4. Dezember und wieder am 11. Dezember mit voller Schleimhülle ausgelegte Mistelsamen am 3. Tage zur Keimung zu bringen, das Vorhandensein von Hemmungsstoffen im Mistelschleim, die einen Keimverzug der Mistelsamen bewirken sollen, widerlegt.

Ich komme nun nochmals auf die in einer früheren Abhandlung von mir eingeführte und schon p. 166 erwähnte Unterscheidung zwischen »Ruhezeit« und »Liegezeit« zu sprechen. Die Ausdrücke sind noch unter der Annahme entstanden, daß den Mittelsamen wenigstens teilweise auch eine »echte« Ruheperiode zukomme. Das ist durch die hier mitgeteilten Versuchsergebnisse widerlegt. Wenn man sich das gegenwärtig hält, sind aber die beiden Ausdrücke noch heute verwendbar und ist auch der in der Zusammenfassung jener Abhandlung unter 5 gegebene Satz: »Zwischen Ruhezeit (Zeit von der Reife der Beeren bis zur Keimung) und Liegezeit (Zeit vom Auslegen der Samen bis zur Keimung) besteht das Verhältnis, daß sich letztere um so mehr verkürzt, je mehr der Ruhezeit die Samen, innerhalb der Beeren lagernd, zurückgelegt haben« richtig. Richtig dann, wenn die Versuche im Freilande verlaufen, oder in einem Kalthaus, kurz, unter Verhältnissen, die auf keinem künstlichen Wege wirklich optimale

Keimungsbedingungen schaffen. Die sich immer kürzer erweisende »Liegezeit«, je näher dem Frühjahr die Samen, aus den Beeren genommen, zur Auslage gelangen, ist eben Folge der fortschreitend sich günstiger gestaltenden Außenbedingungen und nicht Folge des Ablaufens einer in inneren Bedingungen gelegenen Ruhezeit.

Welche Rolle der so maßgebende Einfluß des Lichtes auf die Keimung der Samen unserer Mistel im einzelnen ausübt, bleibt noch zu untersuchen. Für die durch das Licht in der Keimung sehr geförderten Samen von *Veronica peregrina* wies ich 1899 nach, daß es sich hierbei nicht um das rasche Intätigkeitsetzen des Assimilationsvorganges handelt, da die Keimung am Lichte auch im kohlensäurefreien Raum vor sich geht.[1]

Schon dort sagte ich unter 6. der Zusammenfassung: »Die fördernde Wirkung des Lichtes auf den Keimungsprozeß, sowie die spezielle Wirksamkeit, die den minder brechbaren Strahlen hierbei zufällt, liegt zweifelsohne in chemischen Wirkungen, welche die Reaktivierung der Reservestoffe betreffen«. Diesen Gedanken hielt ich auch in meinen späteren Arbeiten über Samenkeimung fest und baute ihn teilweise aus. So verwies ich 1907,[2] wie ich meine zuerst, auf die zu vermutende Mitwirkung von Enzymen: »Das Licht übt eine fördernde Wirkung auf die Reaktivierung der Reservestoffe oder auf das Entstehen solcher Stoffe (Enzyme), die jene vollführen.« Und wieder 1908[3]: »Diese photochemischen Wirkungen denke ich mir in dem Sinne, daß Auslösungen katalytischer Prozesse stattfinden, welche die Reaktivierung der Reservestoffe ermöglichen oder befördern«. Diese Anschauungen haben dann wohl eine festere Stütze in

[1] E. Heinricher: Ein Fall beschleunigender Wirkung des Lichtes auf die Samenkeimung (Ber. der Deutschen bot. Ges., 1899, Bd. XVII, p. 310). Vgl. auch E. Heinricher: Die Keimung von *Phacelia tanacetifolia* Benth. und das Licht (Botanische Zeitung, 67. Jahrg., 1909), die in der Fußnote, p. 65, in der Form einer Tabelle mitgeteilte Versuchsreihe.

[2] E. Heinricher: Beeinflussung der Samenkeimung durch das Licht (Wiesner-Festschrift, p. 278).

[3] In der unter 1. genannten Abhandlung über *Phacelia*, p. 63.

den Versuchen von E. Lehmann und A. Ottenwälder[1] gefunden.

Solche Wirkungen des Lichtes vermute ich auch bei der Keimung der Mistelsamen. Allein die Untersuchungen über Samenkeimung haben uns schon so viel an Mannigfaltigkeit der Verhältnisse entschleiert, daß man sich vor einer Verallgemeinerung in einzelnen Fällen nachgewiesener Wirksamkeit nicht genug hüten kann. Nach Klebs[2] ist die Lichtwirkung beim Treiben der Buche nicht in photokatalytischen Vorgängen gelegen, sondern wahrscheinlich in der durch das Licht vermittelten Kohlensäureassimilation. Ausgeschlossen ist es nicht, daß auch bei Samenkeimungen in manchen Fällen die Kohlensäureassimilation eine Rolle spielt. Bei der Mistel sind verhältnismäßig hohe Lichtintensitäten zur Keimung nötig; dies und der Chlorophyllgehalt des Endospermes und Embryos rücken die Möglichkeit nahe, daß in der Aktivierung der CO_2-Assimilation der Einfluß des Lichtes zu suchen sei. Es wird daher notwendig zu prüfen, ob auch im CO_2-freien Raume, unter Beibehalt der sonst zur raschesten Keimung führenden Bedingungen, die Keimung erfolgt.

Zusammenfassung.

1. Es gelang, die Samen unserer Mistel im Dezember (und gelingt offenbar zu beliebiger Zeit) am 3. Tage nach der Aussaat zur Keimung zu bringen. Dadurch ist erwiesen, daß ihnen eine in inneren Bedingungen gelegene, früher angenommene Ruheperiode fehlt und sie also in dieser Beziehung mit den Samen der

---

[1] Über katalytische Wirkung des Lichtes bei der Keimung lichtempfindlicher Samen« (Zeitschr. f. Bot., V. Jahrg., 1913, p. 337.) Vgl. auch E. Lehmann, »Über katalytische Lichtwirkung bei der Samenkeimung« (Biochemische Zeitschrift, 50. Bd., 1913, p. 388).

[2] Nach G. Lakon: »Die Frage der jährlichen Periodizität der Pflanzen im Lichte der neuesten Forschung« (Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtschaft, 13. Jahrg. 1915, p. 89).

tropischen Loranthaceen übereinstimmen. Die tatsächlich in der freien Natur von den Samen unserer Mistel eingehaltene, etwa fünfmonatige Ruheperiode ist also nur durch die Verhältnisse der Außenwelt bedingt.

2. Die rasche Keimung wurde auf doppeltem Wege erzielt: Erstens, daß die Aussaaten tagsüber in einem Versuchsgewächshaus dem Tageslichte, nach Schwinden des natürlichen Lichtes aber einer stärkeren elektrischen Lichtquelle ausgesetzt wurden. Zweitens, daß der Aussaat die konstante Lichtintensität von 1600 K. geboten wurde.

3. Der Erfolg ist aber nur dann ein so rascher, wenn die Keimung in einem nahezu mit Feuchtigkeit gesättigten Raum (Petrischalen) vor sich gehen kann. Hohe Lichtintensität hebt zwar die Keimungsenergie und vermag auch bei einer relativen Feuchtigkeit von 60 bis 70% die Keimung sehr zu beschleunigen, doch wird immerhin, gegenüber der Keimung unter optimalen Feuchtigkeitsverhältnissen, ihr Beginn um das ungefähr Sechsfache verzögert.

4. Das unter 3 Gesagte widerlegt in entschiedenster Weise den von einer Seite behaupteten »ombrophoben« Charakter der Mistelsamen.

5. Die Tatsache, daß im Dunkelzimmer, bei der konstanten Beleuchtung mit 1600 K., Mistelsamen schon am 3. Tage keimten, ergibt, daß auch bei dem im Dezember herrschenden Tageslichte, unter seiner alleinigen Einwirkung, in verhältnismäßig kurzer Zeit (8 bis 10 Tagen) Keimung erzielt werden muß, wenn gleichzeitig Feuchtigkeit und Temperatur in günstigem Grade geboten sind. Annähernd gelang es auch, dies zu erweisen (Keimung am 13. Tage); vollständiger nicht, da zu den Kulturen höchstens $^1/_4$ des Himmelslichtes Zutritt fand.[1]

[1] Vgl. den bei der Korrektur eingefügten Zusatz p. 175, am Schluß der Fußnote.

6. Die in so kurzer Frist, auch bei Samen mit vollem Schleimbelag, erfolgenden Keimungen widerlegen auch Wiesner's Annahme, daß im Mistelschleim ein Hemmungsstoff vorhanden sei, der mit Ursache am Keimverzug der Mistelsamen wäre.

7. Die von Wiesner als Beweis für das Vorhandensein von Hemmungsstoffen im Mistelschleim angeführte Tatsache, daß die Samen sonst rasch keimender Pflanzen auf Mistelschleim nicht keimen, wird unter Zurücknahme einer früher vom Verfasser ausgesprochenen Ansicht dadurch zu erklären gesucht, daß diese Samen, selbst wenn sie im Mistelschleim versinken, dem Schleim das zur Keimung nötige Wasser nicht zu entziehen vermögen. Der Mistelschleim wäre für die Samen ein gewissermaßen physiologisch trockener Boden.

Nachschrift

(gelegentlich der Revision des Druckes am 30. März 1916).

Es gelang nachträglich, die Keimung so zu beschleunigen, daß ihr Beginn vor Ablauf von 24 Stunden nach der Auslage der Samen einsetzte und sie wiederholt zu 100% am 3. Tage vollzogen war. Auch die als noch zu lösend bezeichneten Fragen und weitere wurden inzwischen erledigt, einige aber müssen für den nächsten Herbst und Winter zurückgelegt bleiben. Dann wird es nötig sein, in zusammenfassender Darstellung Einfluß und Rolle des Lichtes und Einfluß und Bedeutung der übrigen Außenfaktoren auf die Keimung der Mistelsamen abzuhandeln.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Bilder führen photographische Aufnahmen keimender Mistelsamen in natürlicher Größe vor.

Fig. 1. Kultur in einer Petrischale auf Filtrierpapier, das mit 0·1 mol. HCl getränkt worden war. Unten schleimfreie Samen, oben links mit Schleimhülle ausgelegte. (Nur 5 von den 15, weil rechts durch Verpilzung des am Filtrierpapier zerteilten Schleims, die Aufnahme klecksige Flecken hat.

Aussaat 17./XI. Keimbeginn 25. XI., aufgenommen 3. XII.

Tageslicht, nach seinem Schwinden mit elektrischer Lichtquelle von 400 K. belichtet.

Fig. 2. Mistelsamen unmittelbar auf Glas in das Bodenstück einer Petrischale ausgelegt; am Rande 3 Lagen starke, rechteckige Filtrierpapierscheiben (zum Teil erkennbar), die mit destilliertem Wasser getränkt wurden. Zwischen die Samen, in der Mitte, wurde eine abgemessene Menge 0·1 mol. HCl eingeführt. Nach dem Schwinden des Tageslichtes durch eine elektrische Birne mit der Intensität von 3200 K. belichtet.

Aussaat am 4./XII., Keimung am 3. Tage, Fig. 2*a* am 5., Fig. 2*b* am 7. Tage aufgenommen.

Fig. 3. Schleimfreie Mistelsamen unmittelbar auf Glas in das Bodenstück einer Petrischale ausgelegt. Am Umfang des Deckelstückes wurde ein 3 Lagen starker, ungefähr 1·5 *cm* breiter Ring aus Filtrierpapier eingelegt und mit Wasser getränkt. Tageslicht, nachts elektrisches von 3200 K. Stärke.

Aussaat am 11./XII., Keimbeginn am 3. Tage. Aufgenommen am 11. Tage. Der oberste Same rechts von schwärzlichem Pilzmycel überkleidet, zeigt dennoch rechts den hervorgetretenen Hypokotyl eines Keimlings.

Fig. 4. Partie aus einer Kultur gleicher Zusammenstellung und gleichzeitiger Aussaat wie in Fig. 3, nur wurden die Samen mit voller Schleimhülle ausgelegt. Die braunverfärbte Schleimmasse ist wegen ihrer Färbung für die photographische Aufnahme ungünstig, überdies wirken in gleicher Weise auch Spiegelungen. Immerhin sind die vorgeschobenen Hypokotyle der Keimlinge erkennbar.

Keimung am 3. Tage, Aufnahme am 15. Tage nach der Aussaat.